

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕСНЫХ ДОРОГ ПУТЕМ
ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОРЕШЕТОК И ГЕОСЕТОК**

Науменко А. И., ассист., к.т.н., Бавбель Е. И., доц., к.т.н., Лыщик П. А., проф., к.т.н.
Белорусский государственный технологический университет
(Минск, Республика Беларусь), e-mail: Andrei_Naymenko_bsty@mail.ru

IMPROVING THE DESIGN OF FOREST ROADS BY USE OF GEOGRIDS

Naumenko A. I., Ass., PhD., Bavbel J. I., Assoc. Prof., PhD., Lyshchik P. A., Prof., PhD
Belarusian State Technological University
(Minsk, Republic of Belarus)

The article is devoted to the study of the road construction performance of the reinforcement cage "geogrid-tsementogrunт". As the filler cells geogrid use local soil reinforced composite binder based on Portland cement and microfillers. As used microfillers waste industrial production, in particular milled waste asbestos-cement production and granitoid screenings obtained by crushing gravel on Mikashevichy field.

Дорожные конструкции воспринимают различные виды внешних воздействий, основными из которых являются воздействия от автомобильной нагрузки и погоднo-климатических факторов. Кроме внешних воздействий, дорожные конструкции должны воспринимать нагрузки (иногда значительные) от собственной массы. Основными элементами дорожной конструкции – дорожная одежда и земляное полотно. Дорожную одежду считают достаточно прочной, если под воздействием всех нагрузок она сохраняет в течение заданного срока сплошность и требуемую ровность покрытия. Земляное полотно считают устойчивым, если изменение его несущей способности, высотных и геометрических параметров не выходит за расчетные пределы в течение срока службы.

В последние годы, с появлением большегрузных автомобильных поездов, значительно возросла колесная автомобильная нагрузка, которая вызывает предельные вертикальные и горизонтальные напряжения и деформации в конструктивных слоях дорожной одежды и верхних слоях земляного полотна. Это вызывает необходимость строить все более мощные и дорогостоящие конструкции.

Напряжения и деформации проникают на глубину до 1,5 м от поверхности покрытия, постепенно затухая в рабочем слое земляного полотна. Колесная нагрузка вызывает прогиб дорожной одежды и приводит к появлению в монолитных слоях (асфальтобетон, цементобетон, материалы, укрепленные минеральным или органическим вяжущим) растягивающие напряжения, а в несвязных слоях основания (грунты, не обработанные вяжущим) – касательные напряжения, которые зависят от величины действующей нагрузки на колесо и площади отпечатка колеса.

Нагрузки от автомобильных колес прилагаются многократно, что приводит к усталости и постепенному разрушению структуры материалов в монолитных слоях. Дискретные материалы (щебень, гравий) также постепенно изнашиваются, теряя несущую и распределяющую способность.

Горизонтальные усилия достигают больших значений в местах прохождения транспортных средств, при изменении скорости, на крутых уклонах и кривых. Горизонтальные усилия затухают в верхних слоях покрытия.

Кроме колесной нагрузки на прочность и долговечность дорожной одежды и земляного полотна значительное влияние оказывают погоднo-климатические факторы: нагревание – охлаждение; водонасыщение – высушивание; замораживание – оттаивание.

Температура воздуха оказывает более существенное влияние на свойства материалов дорожных одежд, содержащих органические вяжущие. При низких температурах повышает-

ся их модуль упругости и хрупкость, при повышенных – снижается модуль упругости и сдвигоустойчивость. Свойства материалов, укрепленных минеральными вяжущими, в меньшей степени зависят от температуры. Однако в обоих случаях в монолитных покрытиях возникают настолько большие температурные напряжения, что это приводит к появлению температурных трещин.

При водонасыщении наиболее существенно снижается прочность связных (глинистых) грунтов земляного полотна (в 2 раза и более), так как конденсационные структурные связи, обеспечивающие их высокую прочность в сухом состоянии, обратимо разрушаются. Многие группы грунтов при увлажнении набухают, а дорожно-строительные материалы, в том числе и монолитные, снижают прочность при водонасыщении.

Высушивание зачастую сопровождается увеличением прочности материалов. Однако цикличность водонасыщения – высушивания (расширения – сжатия) приводит к расшатыванию структуры, снижению плотности и прочности материалов дорожных конструкций.

С одной стороны замораживание приводит к значительному увеличению прочности многих водонасыщенных материалов дорожных конструкций. Так, прочность замерзших глинистых грунтов возрастает на порядок, но при этом неотвратно проявляется такое негативное явление, как морозное пучение. Это может привести к появлению растягивающих напряжений в верхней зоне монолитных слоев дорожных одежд и появлению трещин.

Негативные последствия циклического замораживания – оттаивания материалов осенью и весной однозначны, особенно если материалы насыщены влагой. При этом наибольшее число циклов воспринимает покрытие дорожной одежды, материал которого испытывает напряжения различного рода, главным образом из-за замерзающей и расширяющейся влаги.

Укрепленные грунты разнообразного состава и свойств характеризуются изменением прочности и деформационных свойств в весьма широком диапазоне. Такие изменения в свойствах и прочностных характеристиках будут зависеть от вида применяемого вяжущего материала, его дозировки, от свойств и состава грунта, от климатических условий местности.

Несмотря на эти колебания свойств укрепленные грунты в целом принято рассматривать как полужесткие и нежесткие материалы, что дает возможность использовать для назначения конструкции дорожных одежд существующие теории расчета, предназначенные для дорожных одежд нежесткого типа [1, 2].

Практический опыт проектирования и строительства автомобильных дорог с применением укрепленных грунтов в конструкциях дорожных одежд показывает, что в назначении тех или иных слоев, их сочетании и толщины не может быть шаблона и единого решения для всех условий. Не все условия изучены с достаточной полнотой, однако уже сейчас накоплен большой опыт, позволяющий обосновать применение укрепленных грунтов в дорожных основаниях и покрытиях.

В процессе разработки и совершенствования технологии укрепления грунтов наметились три основных направления:

- приготовление и укладка смеси с использованием многопроходных машин (дорожные одежды);
- приготовление и укладка смеси с использованием однопроходных многороторных грунтосмесительных машин;
- приготовление смесей из местных и привозных грунтов в стационарных или полустационарных смесительных установках с последующим транспортированием готовой смеси к месту укладки.

Каждый из указанных способов работ имеет свои преимущества и недостатки, однако в большинстве случаев отдается предпочтение смешению на дороге, органически и наиболее полно отвечающему главной идее по использованию грунта, как наиболее дешевого местного дорожно-строительного материала.

Совершенствование методов укрепления грунтов и разработка новых методов, использование более совершенных машин при производстве работ по обработке грунта позволяет в

дальнейшем расширить диапазон применения укрепленных грунтов и повысить их значение в создании прочных дорожных одежд различного типа.

Устройство земляного полотна, слоев дорожных конструкций и дорожной одежды должно отвечать требованиям, которые предъявляются нормативными документами и правилами. В частности строительство на лесных автомобильных дорогах в Республики Беларусь подчиняется техническому кодексу установившейся практики ТКП 500-2013 «Лесные автомобильные дороги. Нормы проектирования и правила устройства».

Покрытия из укрепленных грунтов по конструкции могут быть однослойными или двухслойными. В случае пригодности грунта верха земляного полотна для укрепления покрытие получают методом смешения на дороге при помощи грунтосмесительных машин или дорожных фрез. Предпочтительной будет всегда такая конструкция, которая предусматривает под покрытием дренирующий слой. Он может быть получен в результате отсыпки верха или всего земляного полотна грунтом, привозимым автомобилями из карьера. Общая толщина отсыпки должна быть такой, чтобы было возможно получить дренирующий слой снизу и слой укрепленного грунта сверху.

Слой грунта, укрепленный цементом или другими вяжущими веществами, может служить основанием и под цементобетонные монолитные и сборные покрытия. В этом случае между покрытием и основанием устраивают выравнивающий слой толщиной 0,03–0,05 м из смеси грунта с вяжущим или из крупнозернистого песка. Смеси распределяют перед укладкой покрытия.

Приведенный анализ дорожных конструкций лесных автомобильных дорог показывает, что дорожная одежда и земляное полотно работает в очень сложных, постоянно меняющихся условиях. Строительство и реконструкция многих автомобильных дорог высоких технических категорий осуществляется в сложнейших климатических и грунтово-гидрологических условиях. Меняется состав автомобильного движения. За последние 10 лет доля легковых и большегрузных автомобилей в составе транспортного потока в увеличилась в 2–3 раза. Постоянно растут скорости движения транспорта и требования к ровности и прочности покрытия.

В этих условиях традиционные подходы к конструированию дорожных одежд и земляного полотна не могут дать надежные долговременные результаты. Использование новых принципов конструирования с введением в дорожные конструкции новейших разработок и материалов является объективной необходимостью.

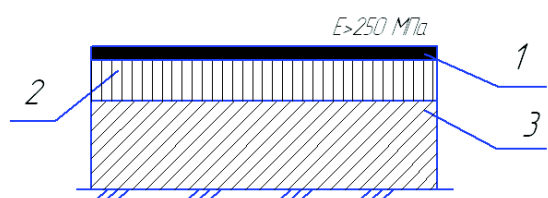
Цель применения конструктивного слоя из цементогрунта и арматурного каркаса «георешетка-цементогрунт» – создание усиленного слоя дорожной одежды, имеющего улучшенные характеристики по отношению к слою из заполнителя:

- повышенную прочность (повышенную сопротивляемость возникающим напряжениям сдвига);
- повышенную жесткость (модуль упругости слоя повышается по отношению к модулю упругости заполнителя);
- пониженные температурные деформации при заполнителе, содержащем композиционные вяжущие.

Решаемые с помощью данной методики задачи:

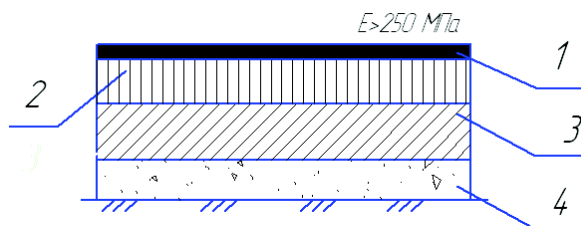
- снижение толщин слоев дорожной одежды или повышение прочности дорожной конструкции при сохранении толщин слоев, в частности: улучшение динамических характеристик дорожной конструкции, снижение темпов накопления остаточных деформаций (колееобразования), возникающих за счет деформации самого несущего слоя и нижележащих слоев;
- создание возможности расширенного применения более жестких заполнителей на основе малоцементного композиционного вяжущего при создании несущего слоя основания.

Основные конструктивные решения – устройство слоя покрытия, несущего или дополнительного слоя основания дорожной конструкции [1, 2] представлены на рисунке 1 и 2 и в таблице 1.



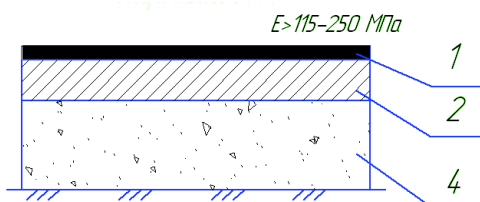
I тип:

1 – слой поверхностной обработки на основе щебня и битума; 2 – покрытие из асфальтобетона; 3 – основание из цементогрунта



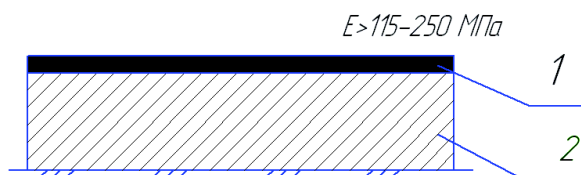
II тип:

1 – слой поверхностной обработки на основе щебня и битума; 2 – покрытие из асфальтобетона; 3 – основание из цементогрунта; 4 – дренарующий слой из зернистого материала



III тип:

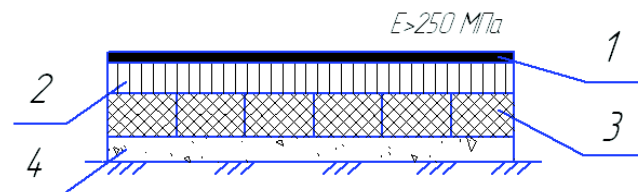
1 – слой поверхностной обработки на основе щебня и битума; 2 – покрытие из цементогрунта; 4 – дренарующий слой из зернистого материала



IV тип:

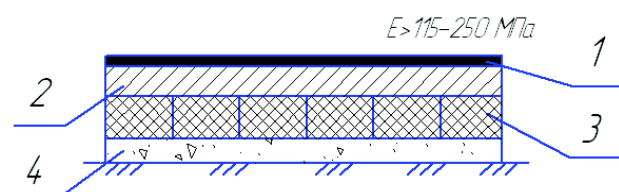
1 – слой поверхностной обработки на основе щебня и битума; 2 – покрытие из цементогрунта

Рисунок 1 – Дорожные конструкции из цементогрунта



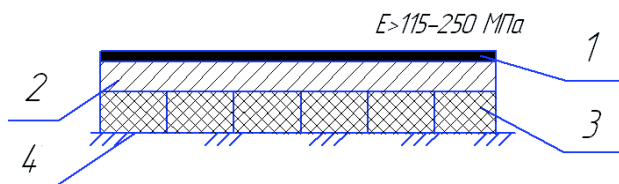
I^{AK} тип:

1 – слой поверхностной обработки на основе щебня и битума; 2 – покрытие из асфальтобетона; 3 – арматурный каркас «георешетка-цементогрунт»; 4 – дренарующий слой из зернистого материала



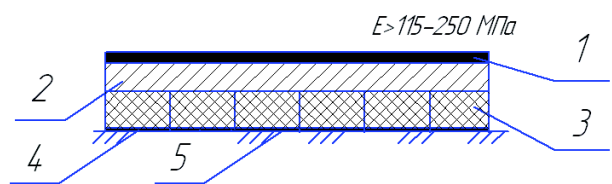
II^{AK} тип:

1 – слой поверхностной обработки на основе щебня и битума; 2 – покрытие из цементогрунта; 3 – арматурный каркас «георешетка-цементогрунт»; 4 – дренарующий слой из зернистого материала



III^{AK} тип:

1 – слой поверхностной обработки на основе щебня и битума; 2 – покрытие из цементогрунта; 3 – арматурный каркас «георешетка-цементогрунт»; 4 – грунт земляного полотна



IV^{AK} тип:

1 – слой поверхностной обработки на основе щебня и битума; 2 – покрытие из цементогрунта; 3 – арматурный каркас «георешетка-цементогрунт»; 4 – дренарующий слой из зернистого материала; 5 – геосинтетическая прослойка

Рисунок 2 – Дорожные конструкции из арматурного каркаса «георешетка-цементогрунт»

Таблица 1 – Основные конструктивные решения дорожных конструкций

Номер слоя на рисунках 1 и 2	Область применения	Получаемый эффект
I и II тип – 3	Устройство несущего слоя из цементогрунта	Повышение прочности и морозоустойчивости, снижение толщины слоя
I ^{AK} , II ^{AK} , III ^{AK} и IV ^{AK} тип – 3	Устройство арматурно-каркаса «георешетка-цементогрунт»	Повышение прочности, снижение колееобразования при повышении трещиностойкости за счет создания блочной структуры слоя
III, IV, III ^{AK} и IV ^{AK} тип – 2	Покрытие из цементогрунта	Повышение прочности, снижение толщины слоя

Назначение конструктивных решений дорожных одежд с применением конструктивного слоя на основе арматурного каркаса «георешетка-цементогрунт» выполняют в соответствии с ТКП 45-3.03-112-2008. При этом указанные конструктивные композитные слои рассматриваются как сплошные квазиоднородные слои, имеющие повышенные прочность на растяжение при изгибе (за счет прочности и деформативности полос геопластика) и сопротивляемость сдвигу (за счет работы заполнителя в замкнутой ячейке из пластика). В связи с этим расчет такого слоя на растяжение при изгибе и сдвиг не производится, а в качестве его расчетной характеристики при расчете конструкции дорожной одежды используется только модуль упругости.

Расчет армированных нежестких дорожных одежд выполняют с учетом ТКП 500-2013 и ТКП 45-3.03-112 в следующей последовательности:

- 1) рассчитывается неармированная дорожная одежда (рисунок 1);
- 2) производится ориентировочная оценка снижения толщины несущих слоев основания для дорожных одежд из арматурного каркаса «георешетка-цементогрунт»: для капитальных усовершенствованных типов покрытий – 15-20 %; для облегченных типов – 30-40 %; для переходных и низших – 40-50 %;
- 3) при заданных пониженных толщинах дорожных одежд определяются значения расчетного модуля упругости композитного слоя (арматурного каркаса «георешетка-цементогрунт»);
- 4) определяются расчетные значения коэффициентов прочности армированной конструкции;
- 5) производится сравнение расчетных значений коэффициентов прочности армированной конструкции с требуемыми значениями коэффициентов прочности (по ТКП 500-2013 и ТКП 45-3.03-112). Конструкция принимается, если удовлетворяются условия по прочности по всем рассчитываемым критериям.
- 6) в случае, если условие по прочности не соблюдается по какому-либо критерию, производится повторный расчет конструкции, начиная с п. 3 и с измененными исходными данными (увеличение толщины слоев дорожной одежды, улучшение характеристик материалов слоев и т.п.).

Повторный расчет также выполняется, если по решающему критерию расчета получаемые значения коэффициента прочности армированной дорожной одежды превышает требуемые значения более чем на 5% – в этом случае выполняется перерасчет с уменьшением толщин слоев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорожная конструкция из цементогрунта: № 11182 патент на полезную модель, МПК С 01 С 7/36, 7/32 / П. А. Лыщик, Е. И. Бавбель, А. И. Науменко; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. – № у 20150145; заявл. 29.04.15., опубл. 2016.10.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 4. – С. 82.
2. Дорожная конструкция из арматурного каркаса: № 11183 патент на полезную модель, МПК С 01 С 7/36, 7/32 / П. А. Лыщик, Е. И. Бавбель, С. В. Красковский, А. И. Науменко; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. – № у 20150145; заявл. 29.04.15., опубл. 2016.10.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 4. – С. 82.